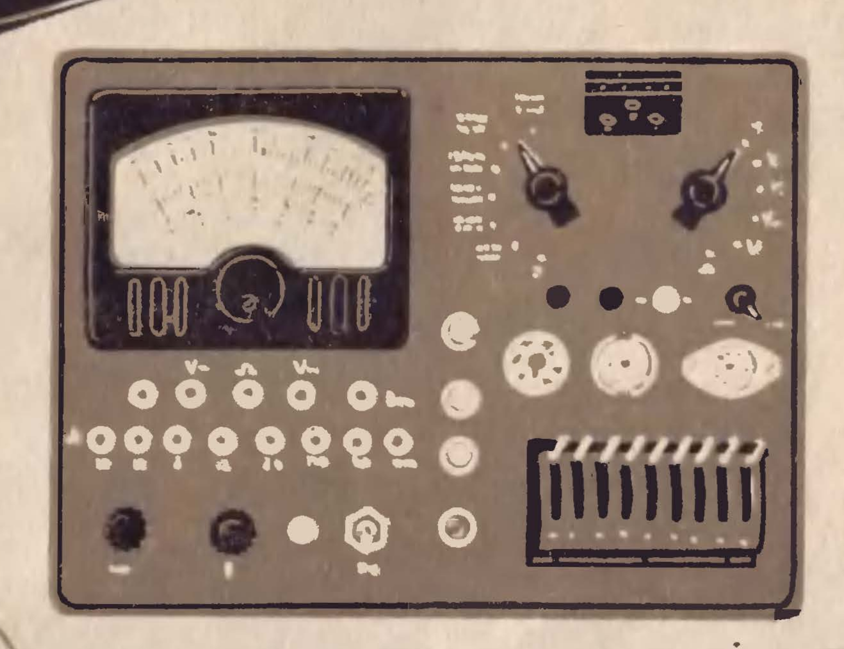
В. И. Елатомцев





Универсальный измерительный прибор с испытателем радиоламп и транзисторов

Госэнергоиздат

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 410

В. И. ЕЛАТОМЦЕВ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР С ИСПЫТАТЕЛЕМ РАДИОЛАМП И ТРАНЗИСТОРОВ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1961 ЛЕНИНГРАД

В брошюре описан портативный любительский универсальный двухламповый измерительный прибор с испытателем радиоламп и транзисторов, отмеченный дипломом II степени на 16-й Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов.

В описании объясняется работа отдельных узлов прибора и испытателей, указывается порядок изготовления, конструктивного оформления и налаживания прибора.

Брошюра предназначена для радиолюбителей-конструкторов и радиокружков.

СОДЕРЖАНИЕ

Общая характеристика и схема прибора 3
Работа узлов прибора 6
Работа испытателей радиоламп и транзисторов 11
Конструкция, детали и изготовление узлов 16
Расчет и изготовление шкалы 34
Налаживание и градуировка прибора 36

6Ф2. 03 *Елатомцев Владимир Иванович*
Е49 **Универсальный измерительный прибор с испытателем радиоламп и транзисторов**
М.—Л., Госэнергоиздат, 1961
40 с., с илл. (Массовая радиобиблиотека, Вып. 410)
6Ф2. 08

Редактор *М. С. Трейгер* Техн. редактор *М. М. Широкова*

Сдано в набор 20/III 1961 г. Подписано к печати 25/V 1961 г.
Т-05964 Бумага 84×108¹/₃₂ 2,05 п. л. Уч.-изд. л. 2,2
Тираж 40 000 экз. Цена 9 коп. Заказ 143

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СХЕМА ПРИБОРА

Описываемый универсальный измерительный прибор позволяет с достаточной точностью измерять:

1. Постоянное напряжение от 50 *мв* до 1 200 *в* на семи пределах: 3—12—30—120—300—600—1 200 *в*, при входном сопротивлении вольтметра на всех пределах 11 *Мом*.

2. Переменное напряжение низкой частоты (30 *гц*—50 *кгц*) от 0,1 до 1 200 *в* на тех же семи пределах при входном сопротивлении вольтметра 2,2 *Мом*.

3. Переменное напряжение высокой частоты (0,4—100 *Мгц*) от 0,1 до 40 *в* на первых четырех пределах при входном сопротивлении вольтметра около 1 *Мом*.

4. Постоянный ток от 5 *мка* до 600 *ма* на семи пределах: 0,3—1,2—3—12—30—120—600 *ма*.

5. Сопротивление от 0,2 *ом* до 1 000 *Мом* на семи пределах: 1—10 *ком*—0,1—1—10—100—1 000 *Мом*.

6. Емкость постоянных конденсаторов от 1 до 5 000 *пф*.

7. Сопротивление утечки электролитических конденсаторов при напряжении в 3 *в*.

Кроме того, прибор позволяет производить:

Испытание подогревных радиоламп 6-вольтовой серии с октальным цоколем и пальчиковых девяти- и семиштырьковых: на целость нити накала, на отсутствие замыканий между электродами, на ток эмиссии и на отсутствие обрывов между электродами и их выводными штырьками.

Испытание маломощных транзисторов типов П1, П2, П5, П6, П8—П11, П13—П16, П101—П103, П401—П403 и др. для определения начального и обратного тока коллектора и коэффициента усиления β.

Прибор имеет небольшие габариты и вес.

Все измерения производятся с помощью специального

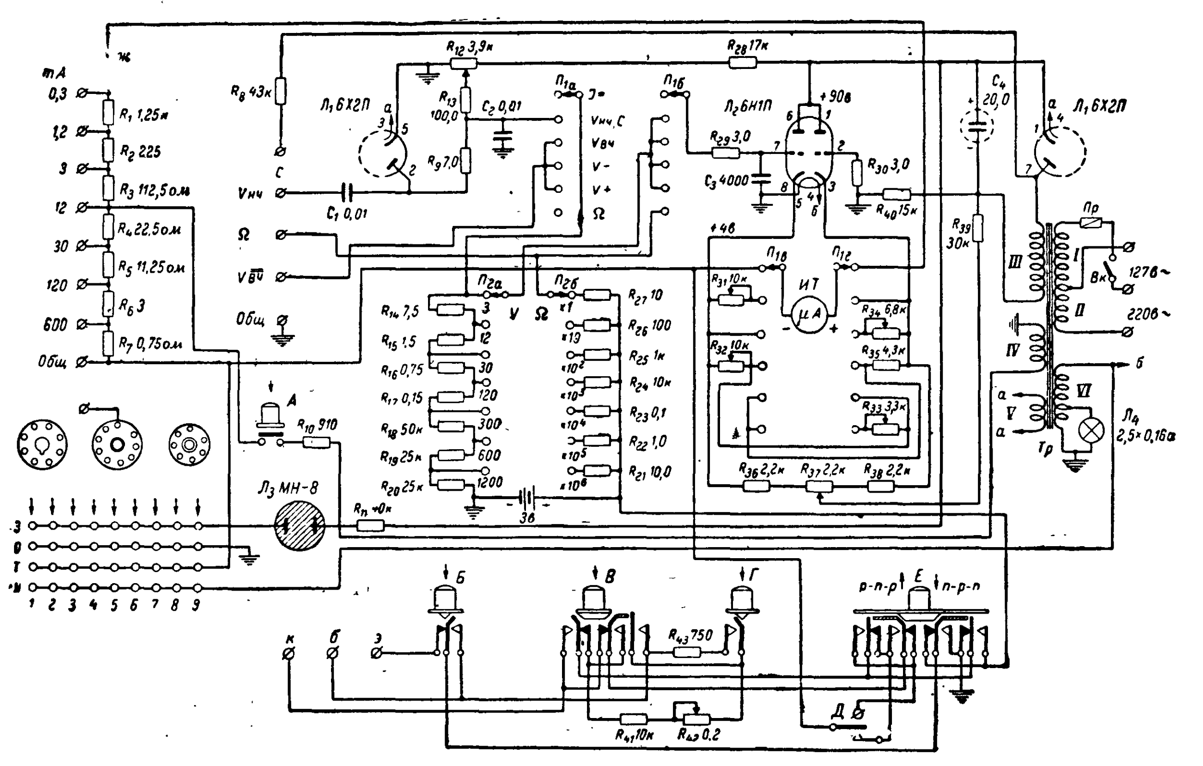


Рис. 1. Принципиальная схема прибора.

щупа-пробника, который соединяется с прибором экранированным кабелем длиной 1 *м*. Прибор работает от сети переменного тока 127/220 *в* и потребляет от 10 до 20 *вт*.

Принципиальная схема прибора изображена на рис. 1. Прибор состоит из вольтметра постоянного тока,

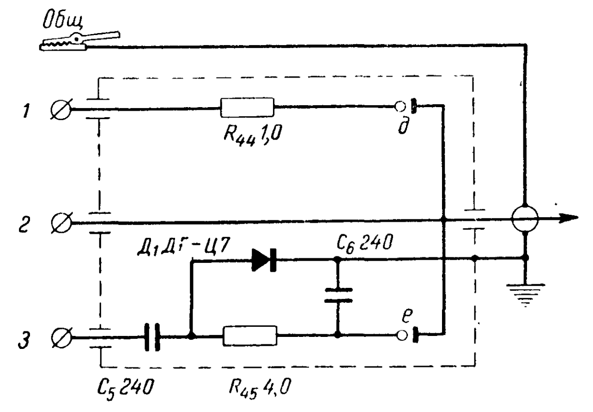


Рис. 2. Схема щупа-пробника.

собранного по мостовой схеме на лампе $Л_2$ типа 6Н1П с микроамперметром *ИТ*, включенным в диагональ моста; делителя напряжения R_{14}—R_{20}, общего для измерения постоянных и переменных напряжений; выпрямителя для измерения переменных напряжений низкой частоты, собранного на правой половине лампы $Л_1$ типа 6Х2П; универсального шунта R_1—R_7, подключаемого к микроамперметру при измерении постоянного тока; магазина эталонных сопротивлений R_{21}—R_{27} и 3-вольтовой батареи, входящих в схему омметра; испытателя радиоламп, состоящего из рычажного переключателя, сигнальной неоновой лампы $Л_3$ типа МН-8, трех ламповых панелек и пружинной кнопки *А*; испытателя транзисторов, в который входят патрон для закрепления испытываемого транзистора, четыре кнопочных переключателя, шнур со штеккером для подключения миллиамперметра к схеме испытателя. В силовую часть входят трансформатор *Тр*, однополупериодный выпрямитель, собранный на левом диоде лампы $Л_1$ (6Х2П), предохранитель *Пр*, выключатель сети *Вк* и лампочка $Л_4$, сигнализирующая о включении прибора в сеть.

На рис. 2 представлена схема щупа-пробника.

РАБОТА УЗЛОВ ПРИБОРА

Вольтметр постоянного напряжения. Мост вольтметра постоянного напряжения состоит из внутренних сопротивлений триодов лампы $Л_2$ и сопротивлений R_{36}, R_{37} и R_{38}, включенных в катоды триодов. В диагональ моста включен микроамперметр *ИТ* чувствительностью 150 *мка* с внутренним сопротивлением 1 500 *ом* и калибровочные сопротивления R_{31}, R_{32} и R_{34}. Переменное сопротивление R_{37} служит для балансировки моста и установки стрелки прибора на нуль.

Если на сетку левого триода лампы $Л_2$ подать постоянное напряжение, то изменится анодный ток триода, нарушится равновесие моста и через микроамперметр потечет ток. Полное отклонение стрелки прибора происходит при напряжении на сетке левого триода лампы $Л_2$ около ± 3 *в*. Конечное отклонение стрелки микроамперметра устанавливается с помощью калибровочных переменных сопротивлений R_{31}, R_{32} и R_{34}.

Благодаря глубокой отрицательной обратной связи по току отклонение стрелки пропорционально приложенному к сетке левого триода напряжению, поэтому шкала вольтметра получается практически равномерной, что позволяет применить одну и ту же шкалу на всех пределах измерения постоянных напряжений.

Измеряемое постоянное напряжение прикладывается к первому гнезду щупа-пробника и общему гнезду (рис. 2) и через сопротивление R_{44} и делитель напряжения R_{14}—R_{20} (рис. 1) подводится к сетке левого триода лампы $Л_2$. При правильной установке предела измерения с делителя снимается напряжение не более 3 *в*.

На всех семи пределах измеряемое напряжение подается на делитель R_{44}, R_{14}—R_{20} с общим сопротивлением, равным 11 *Мом*, которым и определяется входное сопротивление вольтметра постоянного напряжения. С помощью переключателя рода работ $П_{1в}$ и $П_{1г}$ можно изменять полярность включения микроамперметра в диагональ моста. Это позволяет измерять как положительное, так и отрицательное напряжение без перемены местами измерительных щупов.

Вольтметр переменного напряжения низкой частоты. Для измерения переменного напряжения низкой частоты служит гнездо 2 щупа-пробника, с которого измеряемое

напряжение подается на правый диод лампы $Л_1$ через конденсатор C_1. В положительные полупериоды измеряемого напряжения конденсатор C_1 заряжается до амплитудного значения $U_{макс}$. Поскольку диод нагружен на вольтметр постоянного тока, конденсатор C_1 будет все время медленно разряжаться. Постоянная времени разряда выбрана такой, чтобы конденсатор C_1 за время отрицательного полупериода успевал разрядиться на 7—10%. Сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения происходит в двух ячейках R_9C_2 и $R_{29}C_3$. На вход вольтметра постоянного тока (делитель R_{14}—R_{20}) поступает постоянная составляющая выпрямленного напряжения, пониженная на сопротивлении R_9 до эффективного значения измеряемого переменного напряжения. Этим достигается совпадение шкал соответствующих пределов постоянных и переменных напряжений.

Конденсаторы C_1, C_2 и C_3 должны быть слюдяными без утечки, так как они шунтируют общий делитель напряжения и могут понизить входное сопротивление вольтметров.

Для компенсации отрицательного напряжения (около 1 *в*), создаваемого на сопротивлении R_{13} начальным током диода, последовательно с ним на вход лампового вольтметра подается положительное напряжение, снимаемое с делителя R_{12}—R_{28}. Величина этого компенсирующего напряжения регулируется от 0 до 1,7 *в* переменным сопротивлением R_{12} так, чтобы при переходе от измерения постоянного напряжения к измерению переменного напряжения стрелка микроамперметра оставалась на нуле.

Одновременно это положительное напряжение поступает на анод диода и выводит начальную рабочую точку на линейный участок характеристики, поэтому отпадает необходимость отдельной шкалы для измерения малых переменных напряжений (до 3 *в*).

Калибровка вольтметра переменного напряжения НЧ производится переменным сопротивлением R_{31}.

Вольтметр переменного напряжения высокой частоты. Напряжение высокой частоты подается через 3-е гнездо щупа-пробника и конденсатор C_5 на полупроводниковый диод $Д_1$ типа ДГ-Ц7.

Выпрямитель высокой частоты работает аналогично выпрямителю низкой частоты. Выпрямленное напряже-

ние выделяется на делителе R_{14}—R_{20}. На сопротивлении R_{45} происходит падение выпрямленного напряжения до его эффективного значения, что позволяет, как и в случае вольтметра низкой частоты, использовать общую шкалу вольтметра. Конденсатор C_6 и сопротивление R_{45} образуют сглаживающий фильтр.

Пределы измерения напряжения высокой частоты составляют 40% обратного напряжения диода, которое для ДГ-Ц7 равно 40 *в*. С увеличением частоты измеряемого напряжения точность измерения и входное сопротивление вольтметра уменьшаются. Калибровка вольтметра ВЧ производится переменным сопротивлением R_{34}.

Миллиамперметр постоянного тока. Величину постоянного тока измеряют через 2-е гнездо щупа-пробника. С помощью переключателей $П_{1в}$ и $П_{1г}$ к микроамперметру подключают универсальный шунт R_1—R_7.

Чтобы для измерения величины тока было удобно пользоваться шкалой вольтметра, пределы измерения миллиамперметра выбраны кратными пределам вольтметра.

Омметр. Использование в схеме омметра лампового вольтметра позволяет с батареей 3 *в* расширить диапазон измерения сопротивлений до 1 000 *Мом*.

Измеряемое сопротивление через 2-е гнездо щупа-пробника подключают к магазину эталонных сопротивлений R_{21}—R_{27} и с одним из них оно составляет делитель напряжения, к которому подводится напряжение батареи омметра 3 *в* (два элемента ФБС-0,25). С измеряемого сопротивления напряжение подается через переключатель $П_{1б}$ на ламповый вольтметр, по специальной шкале которого определяется величина этого сопротивления. Установка стрелки прибора на нуль производится сопротивлением R_{37}, как при измерении напряжений.

Установка стрелки прибора на бесконечность при измерении сопротивлений осуществляется переменным сопротивлением R_{33}.

Минимальное эталонное сопротивление $R_{27}=10$ *ом* для первого предела измерения сопротивлений выбирается так, чтобы, при измерении сопротивлений, близких к нулю, ток, потребляемый от батареи, не превышал допустимый разрядный ток для типа ФБС-0,25 0,3 *а*. Для удобства отсчета при измерении сопротивлений и использования одной шкалы омметра для всех преде-

лов каждое последующее эталонное сопротивление магазина берут в 10 раз большим, т. е. R_{26} равным 100 *ом*, R_{25} равным 1 000 *ом* и т. д.

Шкала омметра строится расчетным путем по формуле

$$n_x = n_в \frac{R_x}{R_э + R_x},$$

где n_x — число делений шкалы вольтметра, на которое отклоняется стрелка прибора при измерении сопротивления;

$n_в$ — число делений шкалы вольтметра;

R_x — измеряемое сопротивление;

$R_э$ — эталонное сопротивление первого предела.

Для данного прибора $n_в$ равно 60, а $R_э$ равно 10 *ом*. Все расчеты производятся для первого предела, а на последующих пределах показания прибора умножаются соответственно на 10, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5 и 10^6. Ниже помещена табл. 1 вычисленных значений n_x для построения шкалы омметра. Значения даны в делениях шкалы вольтметра.

Таблица 1

R_x, *ом*	n_x	R_x, *ом*	n_x	R_x, *ом*	n_x	R_x, *ом*	n_x
0,0	0,00	3,5	15,55	10	30,00	35	46,70
0,2	1,20	3,75	16,40	11	31,45	40	48,00
0,4	2,30	4,00	17,15	12	32,80	45	49,15
0,6	3,40	4,25	17,90	13	33,90	50	50,00
0,8	4,45	4,50	18,65	14	35,00	60	51,45
1,0	5,45	4,75	19 35	15	36,00	70	52,50
1,2	6,45	5,0	20,00	16	36,95	80	53,35
1,4	7,40	5,5	21,30	17	37,80	90	54,00
1,6	8,30	6,0	22,50	18	38,60	100	54,60
1,8	9,15	6,5	23,65	19	39,30	150	56,25
2,0	10,00	7,0	24,75	20	40,00	200	57,20
2,25	11,00	7,5	25,75	22	41,25	300	58,00
2,50	12,00	8,0	26,70	24	42,40	400	58,50
2,75	12,95	8,5	27,60	26	43,35	1 000	59,50
3,00	13,85	9,0	28,45	28	44,25	∞	60,00
3,25	14,75	9,5	29,25	30	45,00	—	—

Измерение сопротивления утечки конденсаторов. Благодаря большой чувствительности омметра с его помощью можно косвенно оценить ток утечки электролити-

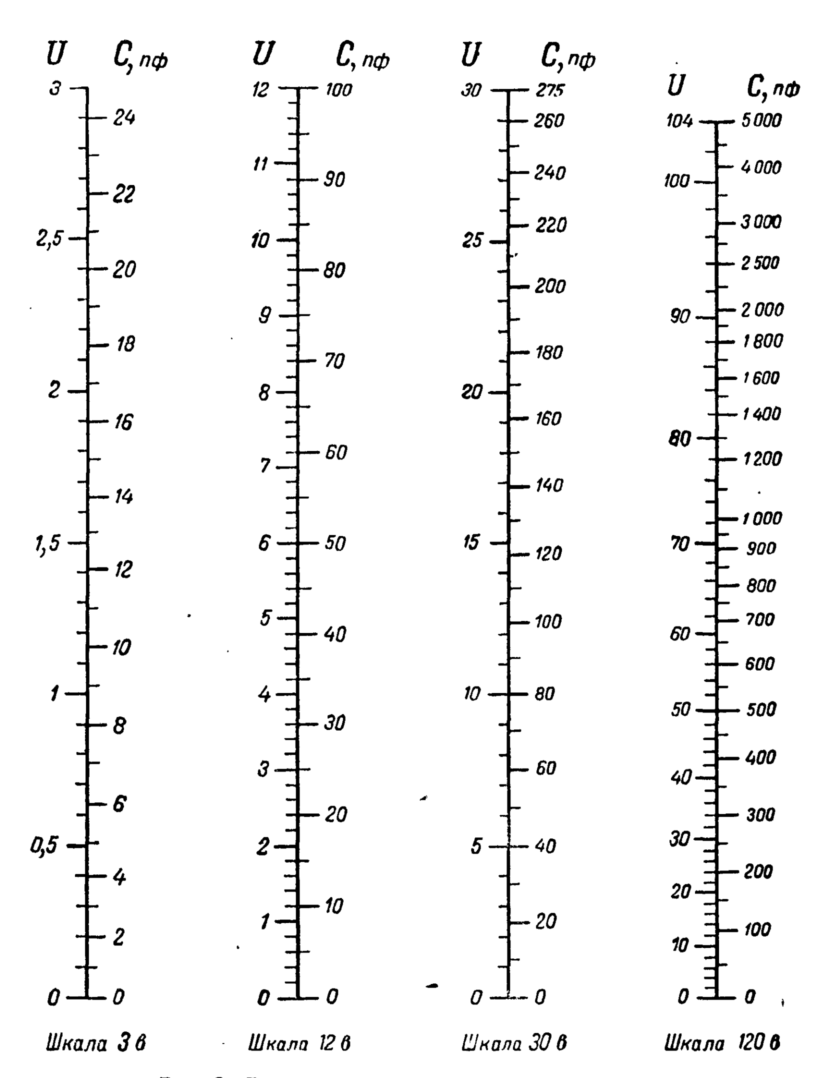


Рис. 3. Графики пересчета шкалы вольтметра.

ческих конденсаторов, измеряя сопротивление утечки при напряжении 3 *в*.

Для определения тока утечки конденсатора при его рабочем напряжении нужно последнее разделить на сопротивление утечки, полученное при 3 *в*. Этот метод применим к заведомо исправным конденсаторам. Нормальное сопротивление утечки электролитических конденсаторов должно быть не менее 0,1 *Мом*. С помощью омметра можно определить сопротивление утечки до 1 000 *Мом*.

Измерение емкости. Измерение емкости конденсаторов производится вольтметром переменного напряжения НЧ. Через измеряемый конденсатор, включенный между гнездами C и $V_{НЧ}$ прибора, переменное напряжение повышающей обмотки трансформатора *Тр* величиной 110 *в* подается на вход вольтметра переменного тока. Поскольку реактивное сопротивление конденсатора обратно пропорционально его емкости (при неизменной частоте тока), то падение напряжения на нем уменьшается с увеличением емкости. Соответственно возрастает напряжение на входе вольтметра. Определение величины емкости производится по графикам перевода шкалы вольтметра, практически построенным по конденсаторам 5%-ной точности (рис. 3).

Измерение конденсаторов емкостью от 1 до 5 000 *пф* производится на первых четырех пределах вольтметра переменного напряжения: на первом пределе от 1 до 24, на втором от 5 до 100, на третьем от 10 до 275 и на четвертом от 50 до 5 000 *пф*. Измерение этим способом больших емкостей нецелесообразно, так как реактивное сопротивление их невелико и точность измерения будет низкой.

РАБОТА ИСПЫТАТЕЛЕЙ РАДИОЛАМП И ТРАНЗИСТОРОВ

Объединение универсального измерительного прибора вместе с испытателем радиоламп в одной портативной конструкции удалось благодаря применению специально сконструированного малогабаритного переключателя, имеющего девять рычагов, с помощью которых, как видно из схемы, к любому выводу (штырьку) лампы можно подключить напряжение накала, переменное напряжение 25 *в*, постоянное напряжение 90 *в* или шасси

прибора. Исходя из наиболее часто применяемых в практике радиолюбителей типов ламп, можно ограничиться тремя ламповыми панельками: одной 8-штырьковой для ламп с октальным цоколем и по одной панельке для 9- и 7-штырьковых пальчиковых ламп.

Работа с испытателем радиоламп проводится в следующем порядке: перед каждым видом испытания все девять рычагов устанавливают в положение 0, т. е. все электроды испытываемой лампы оказываются присоединенными к шасси. Для проверки целости нити накала нужно переместить в положение *З* один из двух рычагов, соединенных с нитью накала согласно схеме выводов электродов (цоколевке), при этом на нить накала через лампу $Л_3$ и сопротивление R_{11} будет подано напряжение +90 *в* и неоновая лампочка должна загореться. В случае обрыва нити накала лампочка $Л_3$ гореть не будет.

Далее проводится проверка на отсутствие замыканий между электродами. В положение *З* переводят рычаг, к которому присоединен второй вывод нити накала испытываемой лампы, при этом неоновая лампочка погаснет, что укажет на отсутствие замыкания нити накала с другими электродами лампы. Затем в положение *З* переводят по одному остальные рычаги. Загорание неоновой лампочки укажет на замыкание электрода, соединенного с данным рычагом, с одним из электродов, соединенных с еще не переведенными рычагами. Дальнейшее переведение рычагов выявит электрод, с которым имеется замыкание, лампочка $Л_3$ при этом погаснет. Например, при испытании лампы типа 6П9 при переводе 4-го рычага из положения *0* в положение *З* загорелась неоновая лампочка, что указывает на замыкание управляющей сетки с другим электродом. Допустим, что при дальнейшем последовательном передвижении рычагов в положение *З* неоновая лампочка погаснет при передвижении 6-го рычага, с которым соединена экранирующая сетка. Таким образом выявится замыкание управляющей и экранирующей сеток испытываемой лампы. На этом первый этап испытания лампы заканчивается и все рычаги возвращаются обратно в положение *0*.

Для проверки лампы на ток эмиссии нужно переключатель рода работ $П_1$ установить в положение для измерения тока, один из рычагов, соединенных с нитью накала, перевести в положение *Н*, а рычаги, соединенные

с анодом и сетками, установить в положение *T*. Вывод от электрода на баллоне лампы соединяется специальным проводником с гнездом, расположенным правее 8-штырьковой панельки. Это гнездо подключено к 9-му рычагу переключателя. В этом случае на все эти электроды, соединенные вместе, при нажатии кнопки *A* подается через шунт R_1—R_7 и ограничивающее ток сопротивление R_{10} переменное напряжение 25 *в*. Замыкание цепи производится пружинной кнопкой *A* после разогрева катода, и по показаниям миллиамперметра отмечают величину тока, протекающего через проверяемую лампу. Ток эмиссии большинства новых ламп лежит в пределах 8—11 *ма*.

Последней операцией является проверка на отсутствие обрывов между электродами ламп и их выводными штырьками. Для этого после проверки на ток эмиссии, не отпуская кнопки *A*, возвращают по одному рычагу из положения *T* в положение *0*. При этом по уменьшению показаний миллиамперметра судят об отсутствии обрыва между электродом и его выводным штырьком. Если же при переводе какого-либо рычага из положения *T* в положение *0* не последует уменьшения тока, то это значит, что между электродом, соединенным с данным рычагом, и его выводным штырьком имеется обрыв.

Для испытания ламп обычно используется 12-миллиамперная шкала. При необходимости можно воспользоваться любым другим пределом миллиамперметра, для чего пружинная кнопка вынимается и гнездо *A* специальным шнуром соединяется с гнездом нужного предела миллиамперметра. С помощью испытателя радиоламп можно подобрать по току эмиссии одинаковые лампы для двухтактных схем усилителей, а также проверить идентичность половин двойных триодов.

Испытатель транзисторов собран по схеме с общим эмиттером. Для использования одного микроамперметра при измерениях начального и обратного токов коллектора, тока базы и коэффициента β применены три кнопочных переключателя *Б, В* и *Г* и один переключатель *Е* для изменения полярности батареи и микроамперметра в соответствии с проводимостью проверяемого транзистора. Проверка транзисторов производится без включения прибора в сеть, так как все испытания осуществляются с батареей омметра.

Для подготовки испытателя к действию необходимо переключатель рода работ $П_1$ установить в положение измерения тока, а гнездо *Д* специальным шнуром соединить с гнездом нужного предела миллиамперметра. При ввертывании штеккера в гнездо *Д* замыкают контакты, подключающие миллиамперметр к схеме испы-

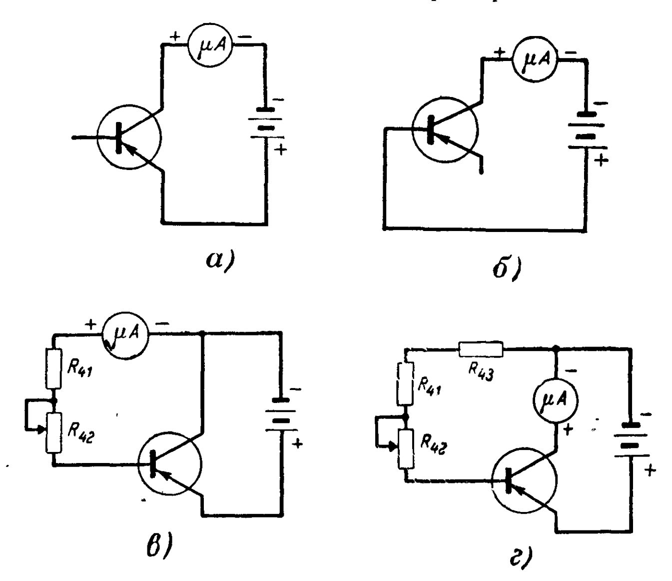


Рис. 4. Схемы испытателя транзисторов.
а — схема определения начального тока коллектора $I_{к.н}$; *б* — схема определения обратного тока коллектора $I_{к.о}$; *в* — схема измерения тока базы $I_б$; *г* — схема измерения тока коллектора $I_к$.

тателя. В зависимости от типа проверяемого транзистора кнопку *Е* ставят в положение *р-п-р* или *п-р-п*. Испытываемый транзистор закрепляют в специальном пружинном патроне, при этом образуется схема, показанная на рис. 4,*а*, миллиамперметр покажет начальный ток коллектора $I_{к.н}$, который у хороших транзисторов обычно не превышает 100 *мка*, но может достигать 1 *ма*.

Записав показания миллиамперметра, измеряют обратный ток коллектора $I_{к.о}$ нажимая на кнопку *Б*. При этом эмиттер отключается от батареи, а база присоединяется к плюсу батареи. Измерение происходит по схеме, показанной на рис. 4,*б*. $I_{к.о}$ не должен превышать

20—30 *мка*. У лучших экземпляров транзисторов он меньше 10 *мка*.

Перед измерением коэффициента усиления по току β необходимо, нажав на кнопку *В*, с помощью переменного сопротивления R_{42} установить ток базы $I_б$, равный 50 *мка*. Нажатием на кнопку *В* база подключается к минусу батареи, а миллиамперметр из цепи коллектора переключается в цепь базы проверяемого транзистора по схеме рис. 4,*в*. С помощью сопротивлений R_{41} и и R_{42} подается смещение на базу транзистора. Ток базы регулируется переменным сопротивлением R_{42} в пределах от 5 до 300 *мка*.

При освобождении кнопки *В* миллиамперметр вновь переключается в цепь коллектора, а вместо него в цепь базы включается сопротивление R_{43}, равное 750 *ом*, которое заменяет внутреннее сопротивление миллиамперметра на пределе 0,3 *ма*, что обеспечит сохранение величины установленного тока базы.

Затем нажимают кнопку *Г*, благодаря чему база вновь подключается к минусу батареи, и по миллиамперметру определяют ток коллектора $I_к$ (рис. 4,*г*). Так как в схеме включения транзистора с общим эмиттером коэффициент усиления по току β можно принять с достаточной точностью равным

$$\beta = \frac{I_к}{I_б}.$$

зная ранее установленную величину $I_б = 50$ *мка*, можно установить цену деления для β на каждом пределе измерений миллиамперметра, т. е. непосредственно читать величину β по шкале миллиамперметра.

Например, на пределе миллиамперметра 3 *ма* цена деления для β равна 1, а предел измерения 60. Следовательно, если стрелка прибора покажет 45 делений, то β равен 45.

Чтобы не допустить ошибки в определении коэффициента β, необходимо при каждом испытании транзистора проверять ток базы, для чего достаточно нажать на кнопку *В*. При больших значениях $I_к$ напряжение батареи несколько падает и ток базы уменьшается, поэтому нужно переменным сопротивлением R_{42} вновь установить $I_б$ равным 50 *мка*.

Указанный способ позволяет быстро определить β и не требует никаких вычислений, но может давать погрешность до 15%, особенно при больших $I_{к.о}$ и если $I_к$ при измерении значительно отличается от режима, в котором будет работать данный транзистор.

В случае необходимости можно определить коэффициент β более точно для заданной величины коллекторного тока. Для этого, нажав на кнопку *Г*, с помощью переменного сопротивления R_{42} устанавливают нужную величину $I_к$, после чего, нажав на кнопку *В*, отмечают величину $I_б$, а затем вычисляют β по формуле

$$\beta = \frac{I_к - I_{к.о}}{I_б + I_{к.о}}.$$

Следует отметить, что с помощью испытателя можно не только определить указанные параметры транзисторов, но также отбраковать так называемые «плывущие» транзисторы и подобрать пары транзисторов для двухтактных схем.

Питание универсального измерительного прибора осуществляется от однополупериодного выпрямителя, собранного на левом диоде лампы $Л_1$ типа 6Х2П. На выходе выпрямителя должно быть +145 *в*. Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения служит электролитический конденсатор C_4. Прибор потребляет около 10 *ма*. В первичную обмотку трансформатора включены предохранитель *Пр* и выключатель сети *Вк*. Включение прибора контролируется по сигнальной лампочке $Л_4$.

КОНСТРУКЦИЯ, ДЕТАЛИ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ УЗЛОВ

Конструктивно прибор оформлен в виде удобного для пользования и переноски ящика размерами 236×174×105 *мм*, изготовленного из листового алюминия толщиной 1,5 *мм* (рис. 5 и 6). Крышка глубиной 35 *мм* подвешена на петлях. Ящик окрашен «под муар», имеет пружинный замок и кожаную ручку на крышке. С правой стороны ящика в овальную прорезь размером 20×60 *мм* закреплена панель из изоляционного материала с тремя гнездами под штепсельную вилку для подключения прибора к сети переменного тока 127/220 *в*.

Панель прикреплена к ящику четырьмя винтами с потайной головкой. К дну ящика по углам прикреплены четыре резиновые пробки от флаконов с пенициллином.

Большинство деталей прибора размещено на лицевой панели, разметка которой дана на рис. 7. Панель

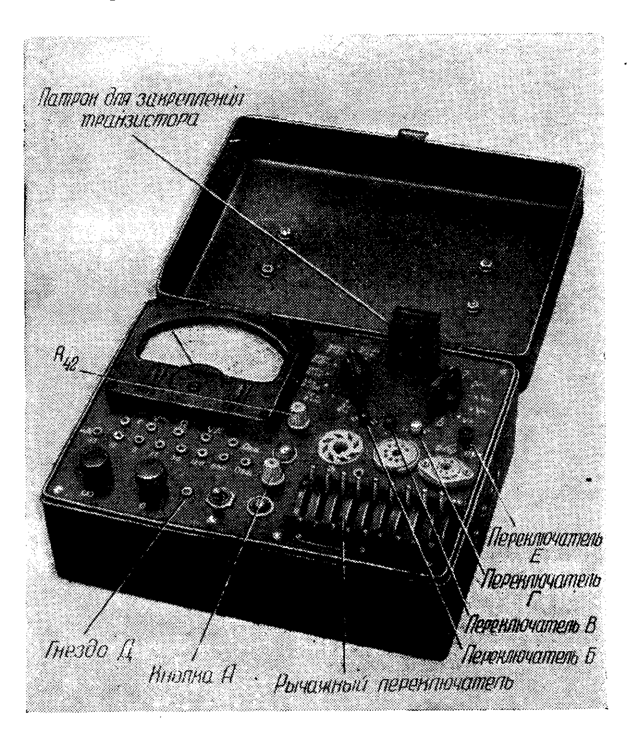


Рис. 5. Общий вид прибора.

изготовлена из хорошего изоляционного материала толщиной 5 *мм*. Применение эбонита нежелательно из-за присутствия в нем серы, разъедающей посеребренные детали и контакты.

В верхнем левом углу лицевой панели (рис. 5) расположен микроамперметр. Справа от него двухплатный керамический переключатель $П_2$ на 11 положений, из которых используются только семь для переключения пределов измерения вольтметров и омметра. Правее расположен двухплатный керамический переключатель $П_1$ на шесть положений для переключения рода работ.

Можно использовать переключатель $П_1$ и на пять положений, но в этом случае нужно на конце одного из скрепляющих платы болтиков укрепить две пары пружинных контактов (см. рис. 6), с помощью которых микро-

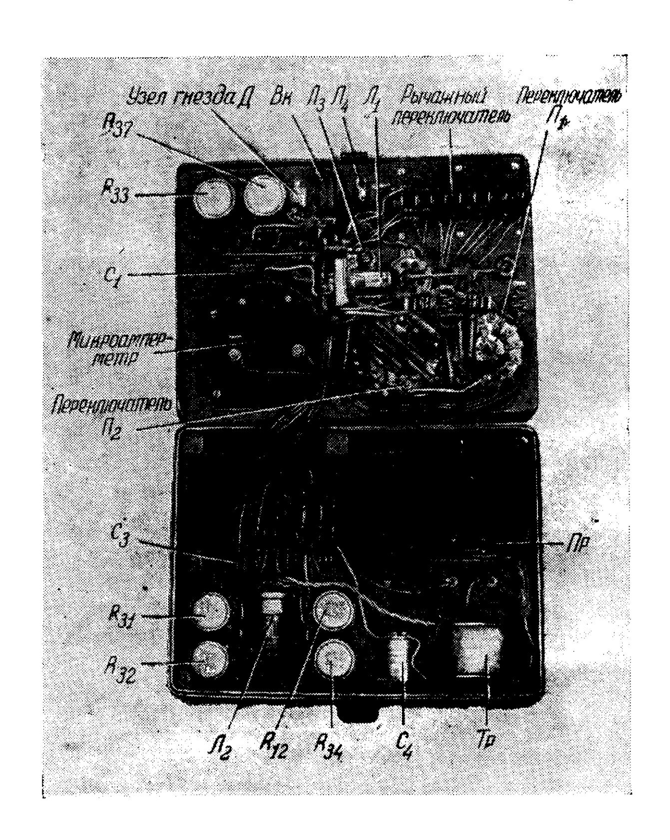


Рис. 6. Внутренний вид прибора и монтажа.

амперметр присоединяется к универсальному шунту R_1—R_7. Замыкание указанных контактов происходит путем нажима колодки из изоляционного материала, укрепленной на плоском конце оси переключателя. Шестое положение переключателя получается при замыкании подвижного контакта самого на себя, для чего упор оси переключателя переставляется на одно гнездо.

Сверху между ручками переключателей $П_1$ и $П_2$ укреплен пружинный патрон для транзистора, а ниже расположены четыре кнопочных переключателя.

В нижнем правом углу панели установлены три ламповые панельки и рычажный переключатель испытателя радиоламп. Рядом с 8-штырьковой панелькой расположена неоновая лампочка $Л_3$, над нею — ручка

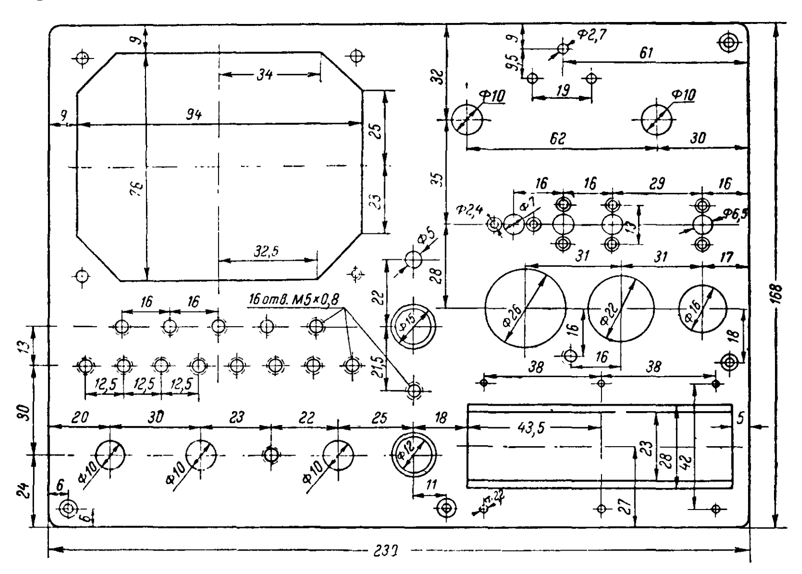


Рис. 7. Разметка лицевой панели прибора.

переменного сопротивления R_{42}, ниже $Л_3$ находятся гнездо пружинной кнопки $А$ и лампочка $Л_4$.

Миниатюрные патрончики лампочек $Л_3$ и $Л_4$ укреплены на металлических угольниках. Сверху лампочки защищены колпачками, выдавленными из тонкого органического стекла, обрамленными хромированными кольцами (можно использовать кольца от пишущей машинки). Гнезда под кольца диаметром 15 *мм* сверлят на глубину 1,5 *мм*. Кольца укреплены в гнездах клеем БФ-2. Ниже микроамперметра расположены 13 гнезд, служащих для подключения щупа-пробника к прибору.

В верхнем ряду слева направо первое и второе гнезда служат для измерения емкости конденсаторов, второе гнездо — для измерения переменных напряжений низ-

кой частоты, третье — для измерения сопротивлений, четвертое — для измерения напряжений постоянного тока и высокой частоты, пятое гнездо является общим (корпус). Во втором ряду расположены гнезда семи пределов измерений постоянного тока, восьмое гнездо является для них общим.

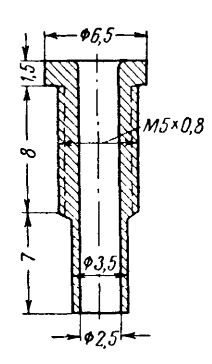


Рис. 8. Гнездо.

Гнезда в количестве 15 шт. вытачивают из латуни согласно рис. 8 и после этого серебрят. В нижнем левом углу лицевой панели слева направо установлены переменные сопротивления R_{33} и R_{37}, гнездо *Д* и выключатель сети *Вк*. С обратной стороны на лицевой панели около микроамперметра укреплена на алюминиевом угольнике керамическая панелька лампы $Л_1$. Лицевая панель закреплена трехмиллиметровыми винтами на семи угольничках, приклепанных к боковым стенкам ящика, В отверстиях под винты в угольничках нарезают резьбу М3×0,5.

На дне ящика (рис. 6) установлены: в нижнем правом углу силовой трансформатор *Тр*, который закреплен снизу четырьмя винтами. Рядом с трансформатором на алюминиевом угольнике расположен электролитический конденсатор C_4, корпус которого должен быть изолирован от шасси. В левом углу ящика на аллюминиевом угольнике установлена керамическая панелька лампы $Л_2$, слева от нее—алюминиевая скоба с переменными сопротивлениями R_{31} и R_{32}, справа — такая же скоба с переменными сопротивлениями R_{12} и R_{34}. Против шлица каждого сопротивления в дне ящика просверлены отверстия под резьбу М5×0,8, которые закрыты винтовыми заглушками. Через эти отверстия маленькой отверткой вращают оси переменных сопротивлений при калибровке вольтметров.

Переменные сопротивления R_{12}, R_{31}—R_{34}, R_{37} применены типа СП-1. Переменное сопротивление R_{42} малогабаритное, типа СПО-0,5. Против лампы $Л_2$ на дне ящика укреплена монтажная планка для сопротивлений R_{28}—R_{30}, R_{35}, R_{36}, R_{38}—R_{40} и конденсатора C_3. К трансформатору *Тр* и дну ящика прикреплена фигурная алюминиевая скоба (рис. 9), на которой смонтированы пре-

дохранитель *Пр* и держатель двух элементов ФБС. Смена предохранителя и батареи омметра производится через прямоугольное отверстие в дне ящика размером 45×50 *мм,* закрываемое крышкой на четырех винтах. На внутренней стороне крышки смонтирован пружин-

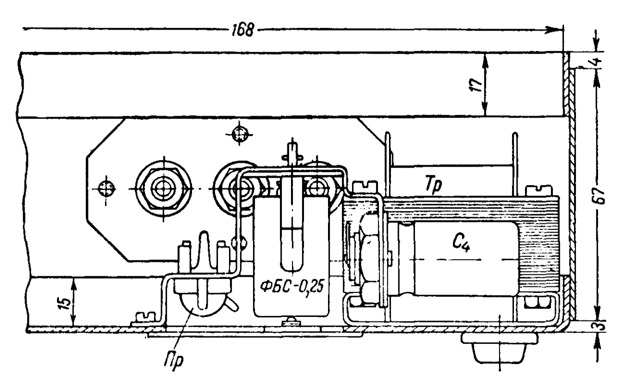


Рис. 9. Монтаж узла питания на дне ящика прибора.

ный контакт в виде латунной пластинки, служащей для последовательного соединения элементов и надежного прижима элементов к выводным контактам, расположенным на фигурной скобе.

Все соединения деталей на лицевой панели с деталями, расположенными на дне ящика, делают гибкими многожильными монтажными проводами в хлорвиниловой изоляции. Монтаж всей схемы хорошо виден на фотографии рис. 6.

Особое внимание надо обратить на точность изготовления и подгонки сопротивлений универсального шунта R_1—R_7, делителя напряжений R_{14}—R_{20} и магазина эталонных сопротивлений омметра R_{21}—R_{27}. От того, как точно будут изготовлены и подобраны эти сопротивления, в основном будет зависеть точность измерения прибором. Все указанные сопротивления подбираются и подгоняются на мостике с точностью не хуже 0,5—1%.

Сопротивления универсального шунта R_1—R_7 наматывают из константановой проволоки на сопротивлениях ВС и монтируют непосредственно на гнездах. Диаметр проволоки для каждого сопротивления берут в зависи-

мости от максимального тока, протекающего через это сопротивление, из расчета 1,5 *а/мм*^{2}. Некоторую трудность представляет изготовление сопротивления R_7, равное 0,75 *ом.* Необходимую точность можно получить, если сделать сопротивление на 2—3% меньше, а затем надфилем слегка опиливать проволоку, пока не получат сопротивление нужной величины.

Сопротивления делителя напряжения R_{14}—R_{20} и эталонные сопротивления омметра R_{21}—R_{25} применены типа МЛТ или в крайнем случае типа ВС. Как правило, для получения нужной точности каждое сопротивление составляют из двух или трех сопротивлений меньшей величины, заранее измеренных на мостике. Сопротивления R_{26} и R_{27} изготавливают из константановой проволоки. Сопротивления делителя напряжения R_{14}—R_{20} и магазина эталонных сопротивлений R_{21}—R_{27} монтируют на переключателе $П_2$. Сопротивление R_{13}, равное 100 *Мом,* с 10-процентной точностью можно составить из двух или трех меньших сопротивлений. Остальные сопротивления в схеме прибора выбирают 5-процентной, а конденсаторы 10-процентной точности. Конденсаторы C_5 и C_6 керамические.

Изготовление рычажного переключателя. Для безотказной работы рычажного переключателя нужно к изготовлению его деталей и последующей сборке отнестись с большим вниманием.

Чертеж общего вида переключателя с разрезом представлен на рис. 10, а чертежи его деталей на рис. 11. Переключатель состоит из девяти одинаковых секций, стянутых тремя осями. Рычаг *12,* передвигаясь в пазу, может поочередно замкнуть один из четырех контактов *18* сектора *8* с приемным контактом *16* сегмента *3.* Контакты всех девяти секторов, расположенных по одной линии вдоль переключателя, присоединяют гибкими проводниками к одной из четырех шин. Приемные контакты сегментов соединяют с гнездами ламповых панелек. Таким образом, с помощью рычагов можно соединить любое гнездо ламповой панельки с одной из четырех шин. Собранный и закрытый кожухом переключатель укреплен в прорези лицевой панели шестью винтами.

В табл. 2 приведена спецификация всех деталей рычажного переключателя.

При изготовлении переключателя необходимо добиться, чтобы детали одного наименования были совершенно одинаковыми, это обеспечит тождественность всех собранных секций и отсутствие перекосов. Особенно тщательно нужно подобрать при помощи микрометра или штангенциркуля толщину материала, из которого будут вырезаны заготовки деталей.

В первую очередь необходимо из жести толщиной 0,5 *мм* изготовить по чертежам шаблоны деталей *3, 8, 12* и *16*. Разметку шаблонов лучше всего делать ма-

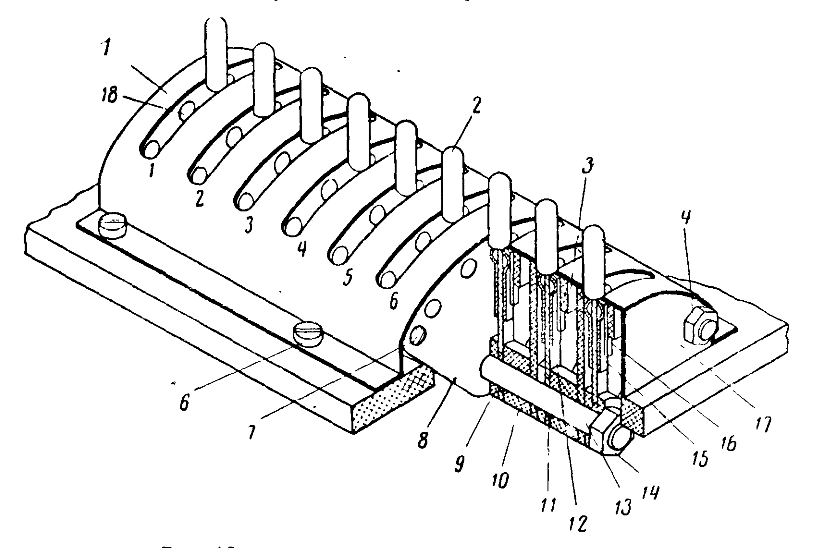


Рис. 10. Общий вид рычажного переключателя.

леньким пружинным циркулем-измерителем от чертежной готовальни. Необходимое количество деталей вырезают по шаблонам, опиливают по контуру личным напильником и затем по шаблону в них сверлят отверстия. Отверстие диаметром 6,5 *мм* в рычаге *12* сверлят сверлом меньшего диаметра и доводят до нужного размера круглым личным напильником.

Детали *9, 10, 11, 19, 20* и *21* также изготавливают из листового материала. Вырезанные заготовки шайб и втулок просверливают, надевают на вспомогательную ось-оправку соответствующего диаметра и стягивают гайками, после чего обтачивают на токарном станке до

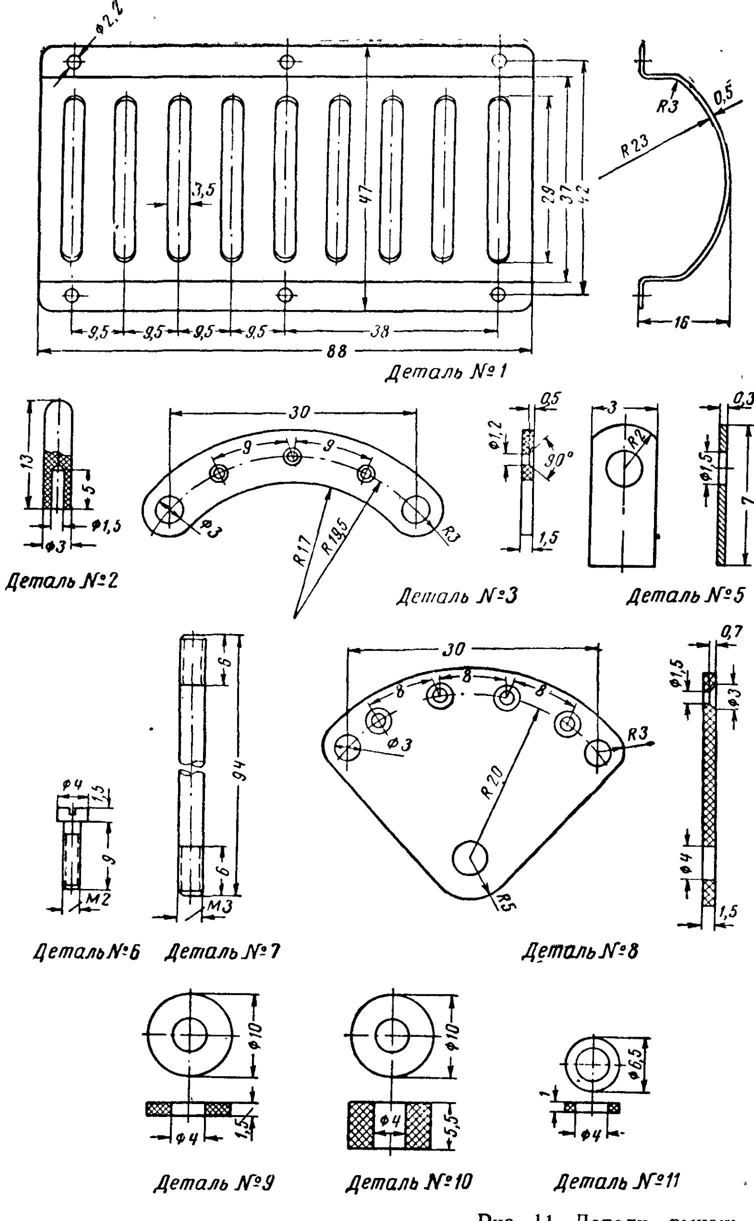
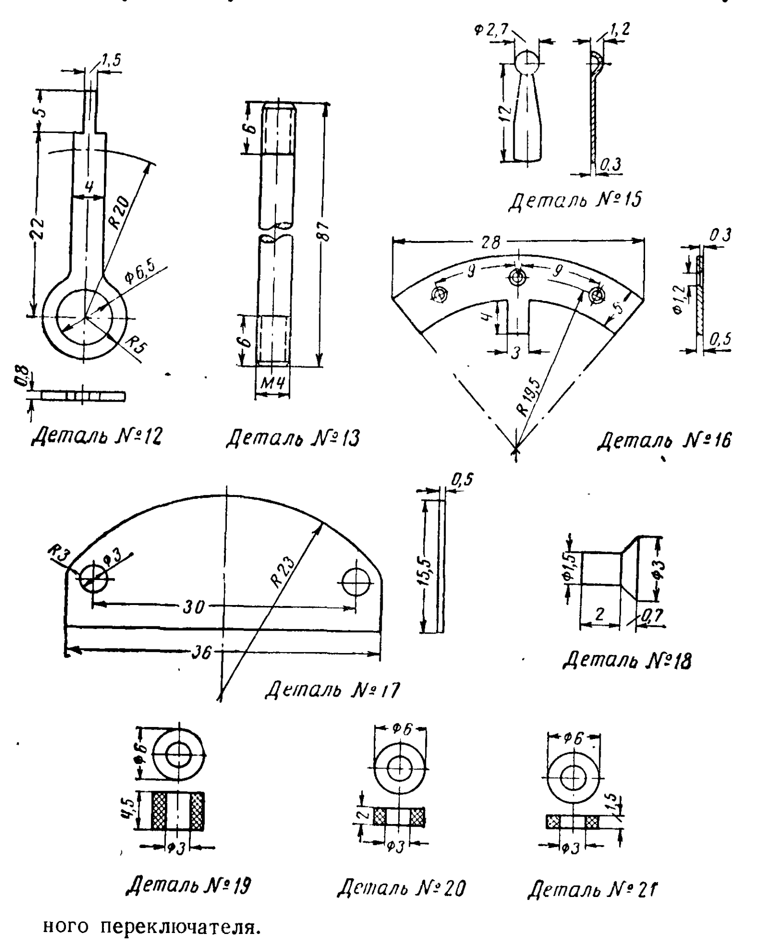


Рис 11. Детали рычаж

нужного размера или опиливают в тисках. В последнем случае на концы оправки надо надеть нужного диаметра стальные шайбы, по которым и будет вестись опиловка заготовок.

Детали *7* и *13* изготавливают из стальной проволоки. Кожух *1* и щеку *17* делают по чертежу. Выгибание кожуха контролируют по изготовленной щеке. Лепестки *5* вырезают из латунной ленты. Контакты *18* вытачивают на токарном станке или в крайнем случае используют латунные потайные заклепки соответствующе-



ного переключателя.

Таблица 2

№ деталей	Наименование	Количество	Материал
1	Кожух переключателя	1	Жесть
2	Рукоятка рычага	9	Пластмасса
3	Сегмент	9	Текстолит или гетинакс
4	Гайка М3×0,5	4	Сталь 3
5	Лепесток	36	Латунь
6	Винт	6	Сталь 3
7	Боковая ось	2	То же
8	Сектор	9	Текстолит или гетинакс
9	Шайба	10	То же
10	Втулка	8	» »
11	Кольцо	9	» »
12	Рычаг	9	Сталь 5
13	Центральная ось	1	Сталь 3
14	Гайка М4×0,7	2	То же
15	Пружинный контакт	18	Бериллиевая бронза
16	Приемный контакт	9	Латунь
17	Щека кожуха	2	Жесть
18	Контакт сектора	36	Латунь
19	Втулка	18	Текстолит или гетинакс
20	Шайба	18	То же
21	Шайба	2	» »

го размера. Пружинные контакты *15* берут от обычных галетных переключателей. Детали *3* и *16* склепывают впотай заклепками, сделанными из обмоточного провода. Со стороны приемного контакта заклепки тщательно зачищают надфилем и мелкой шкуркой.

После этого монтируют секторы *8*. Для этого раззенковывают отверстия под контакты *18* так, чтобы поверхность всех четырех контактов строго совпала с поверхностью сектора. С обратной стороны сектора на выступающие концы контактов *18* надевают лепестки *5*, контакты расклепывают и пропаивают. Все четыре лепестка направлены по радиусу к центру сектора.

Монтаж рычагов *12* начинают с приклепывания пружинных контактов *15* по одному с каждой стороны, оба одной заклепкой, после чего контакты в месте приклепывания припаивают к рычагу. Необходимо добиться, чтобы центр сферы контакта совпал с точкой пересечения оси рычага и дуги $R=20$ *мм* (см. чертеж рычага

12 на рис. 11). Для хорошей упругости контакта *15* расстояние от центра его сферы до места пайки должно быть около 8 *мм*. После пайки пружинные контакты отгибают от рычага на 2 *мм*. Конец рычага под рукоятку *2* опаивают и опиливают так, чтобы он стал цилиндрическим, диаметром 1,5 *мм*, и на него с клеем БФ-2 надевают пластмассовую рукоятку *2*.

Сборку рычажного переключателя производят в следующем порядке: в начале на две боковые оси *7* навинчивают по гайке *4* и надевают щеку кожуха *17* и по одной шайбе *20*. После этого собирают секции. Первым надевают на оси *7* сектор *8*, а в него вставляют центральную ось *13* с навинченной гайкой *14*. После этого на центральную ось последовательно надевают шайбу *9*, рычаг *12*, со вставленным в него кольцом *11* и втулку *10*, а на боковые оси надевают по одной втулке *19*, сегмент *3* и по одной шайбе *20*. Затем на все три оси надевают новый сектор и т. д. После девятого рычага на центральную ось надевают шайбу *9* и навинчивают гайку *14*, а после девятого сегмента на боковые оси надевают по шайбе *21*, щеку кожуха и навинчивают гайки *4*.

Закончив сборку переключателя, все детали на осях стягивают гайками, следя за тем, чтобы не было перекоса. Если толщина рычага и вставленного в него кольца соответствует чертежу, то между деталями *9* и *10* будет расстояние 1 *мм* и рычаг свободно будет вращаться на оси. Заклинивание рычага между шайбой *9* и втулкой *10* недопустимо. Передвинув каждый рычаг несколько раз из одного крайнего положения в другое с тем, чтобы от пружинных контактов *15* остался след на контактах *18* сектора *8*, переключатель последовательно разбирают, не смешивая деталей.

На контактах *18* каждого сектора на линии следа от пружинного контакта сверлом диаметром 2 *мм* делают небольшие углубления, которые служат для фиксации положения рычага. После припайки к лепесткам *5* изолированных проводников длиной 8 *см* каждый, а к среднему выступу приемного контакта *16* — изолированного проводника длиной 15 *см* переключатель вновь собирают и припаивают к шинам проводники от контактов секторов. Проводники от приемных контактов припаивают к гнездам ламповых панелек после установки переключателя на лицевой панели. Согласно

чертежу и принципиальной схеме на окрашенном кожухе переключателя делают соответствующие обозначения.

Пружинную кнопку и гнездо *А* изготавливают по чертежам рис. 8 и 12. Ось кнопки делают из латуни, нижнюю ее часть обрабатывают по гнезду, а верхнюю делают на 0,5 *мм* тоньше. На верхнюю часть надевают латунную подвижную шайбу для опоры пружины. Верхний конец оси запрессовывают с клеем БФ-2 в пластмассовую кнопку. При нажатии на кнопку ось входит в гнездо и замыкает последнее с центральным контактом, вставленным в изоляционную втулку, запрессованную в гнездо. К центральному контакту припаивают провод, идущий от универсального шунта.

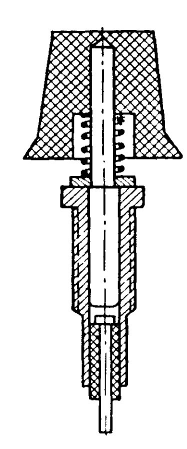


Рис. 12. Гнездо и кнопка *А* испытателя радиоламп.

Патрон для подключения проверяемого транзистора к схеме испытателя изображен на рис. 13. Для закрепления транзистора в патроне необходимо нажать до отказа на кнопку *1*, благодаря чему три штока *5* и *6* входят в корпус патрона до совпадения отверстий в штоках с отверстиями втулок *4*, после чего выводы от коллектора, эмиттера и базы транзистора вставляют в соответствующие гнезда *К*, *Э* и *Б* и кнопку отпускают. Под действием пружин штоки плотно прижимают выводы к втулкам *4*, которые шинами *11* соединены со схемой испытателя. Для удобства и быстроты закрепления проверяемого транзистора патрон установлен на лицевой панели в наклонном положении, а гнезда для выводов расположены треугольником, что позволяет легко закреплять транзисторы независимо от последовательности расположения выводов коллектора, эмиттера и базы.

Корпус патрона изготавливают из двух текстолитовых пластин размером 26×22×4 *мм*. Обе щеки тщательно размечают по чертежу 3 на рис. 13 и в одной из них сверлят отверстия под заклепки *9*, втулки *4* и винты *10*, а затем по этой щеке сверлят вторую, что обеспе-

чит точное совпадение указанных отверстий. Затем обе половины корпуса стягивают винтами, предварительно вставив в отверстия диаметром 1,2 *мм* шпильки, и просверливают отверстия диаметром 2 и 4 *мм*.

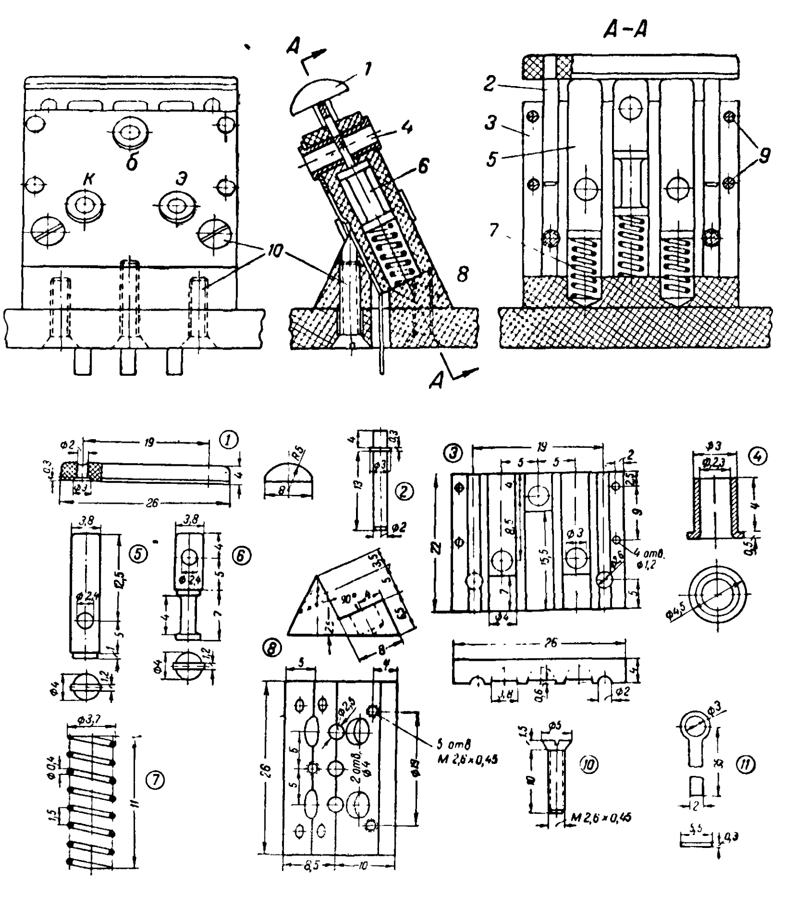


Рис. 13. Общий вид и детали пружинного патрона испытателя транзисторов.

Прямоугольные канавки под штоки аккуратно пропиливают надфилем в каждой щеке отдельно и контролируют по штокам в собранном корпусе до его склепывания.

Втулки *4* вытачивают из латуни, серебрят, с клеем БФ-2 запрессовывают в щеки и слегка развальцовывают со стороны канавок, а затем зачищают надфилем, чтобы они не мешали движению штоков. Перед запрессовкой на втулки нижней щеки надевают и припаивают шины *11*, под которые в щеке со стороны опоры *8* пропиливают канавки размером 2×0,3 *мм*.

Перед склепыванием щеки смазывают клеем БФ-2 и стягивают винтами. Во избежание перекоса в корпус вкладывают шпильки *2* и штоки *5* и *6*. Отверстия в кнопке *1* сверлят через корпус. Шпильки *2* запрессовывают в кнопку *1* и с обратной стороны расклепывают и зачищают надфилем. Шток *5* изготавливают из двух частей: пластины и диска, которые склепывают и спаивают. Шток *6* вытачивают на станке и опиливают по размерам чертежа. В крайнем верхнем положении штоки должны выступать из корпуса на 2,5 *мм*. Отверстия в штоках 2,4 *мм* размечают через втулки *4*.

В собранном и отрегулированном патроне штоки должны легко перемещаться как под нажимом кнопки, так и обратно под воздействием пружин, надежно прижимая выводы транзистора к втулкам *4*. Готовый патрон окрашивают черным лаком. Около соответствующих гнезд белой краской ставят обозначения *К*, *Б*, *Э*. Спецификация всех деталей пружинного патрона приведена в табл. 3.

Общий вид узла гнезда *Д* изображен на рис. 14.

Таблица 3

№ детали	Наименование	Количество	Материал
1	Кнопка	1	Текстолит
2	Шпилька	2	Латунь
3	Щека корпуса	2	Текстолит
4	Втулка	6	Латунь
5	Шток	2	То же
6	Шток	1	» »
7	Пружина	3	Гитарная струна
8	Опора	1	Текстолит
9	Заклепка ∅ 1,2×10 *мм* . . .	4	Латунь
10	Винт	5	Сталь 3
11	Шина	3	Латунь

Кнопочные переключатели изготавливают согласно рис. 15. Они компактны и просты по конструкции и имеют всего два положения.

Переключатели *Б*, *В* и *Г* срабатывают при нажатии на кнопку *1*, при этом грибок *3*, опускаясь, разводит контактные пластины *5* в противоположные стороны и замкнутые пары контактов размыкаются, а разомкнутые, наоборот, замыкаются. При отпускании кнопки

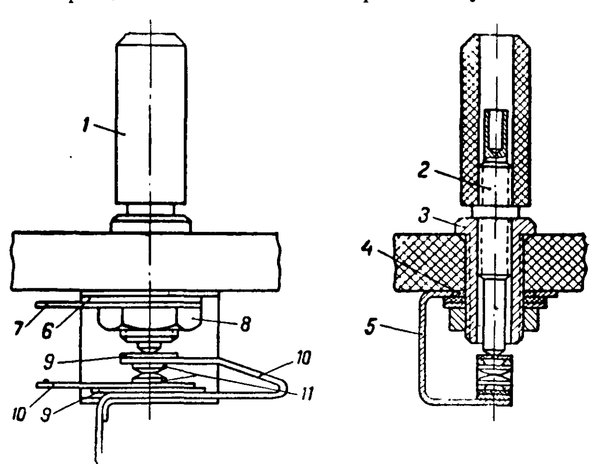


Рис. 14. Узел гнезда *Д* испытателя транзисторов.
1 — втулка; *2* — штеккер; *3* — гнездо; *4* — текстолитовое кольцо; *5* — скоба; *6* — гетинаксовая шайба; *7* — шайба контактная; *8* — гайка; *9* — гетинаксовая накладка; *10* — держатель контакта; *11* — контакт.

под действием упругих контактных пластин *5* и *16* автоматически восстанавливается первоначальное положение контактных пар.

Переключатель *Е*, предназначенный для изменения полярности подключаемых к схеме миллиамперметра и батареи, в зависимости от проводимости проверяемых транзисторов имеет устройство для фиксации второго положения. Первое положение переключателя, показанное на чертеже, устанавливают при испытании транзисторов с проводимостью *p-n-p*. Для установки переключателя во второе положение, при котором испытывают транзисторы с проводимостью *n-p-n*, необходимо нажать на рифленый колпачок *11* и повернуть его по часовой стрелке на 90°. При этом выступающие из фиксатора *12*

концы штифта выходят из пазов гильзы *13* и при повороте удерживаются выступами той же гильзы. Опускаясь, фиксатор нажимает на грибок, под действием которого размыкаются четыре пары ранее замкнутых контактов и замыкаются другие четыре пары контактов. Первоначальное положение переключателя восстанавливается при повороте колпачка на 90° против часовой стрелки.

Три кнопки *1*: черную, белую и красную, вытачивают

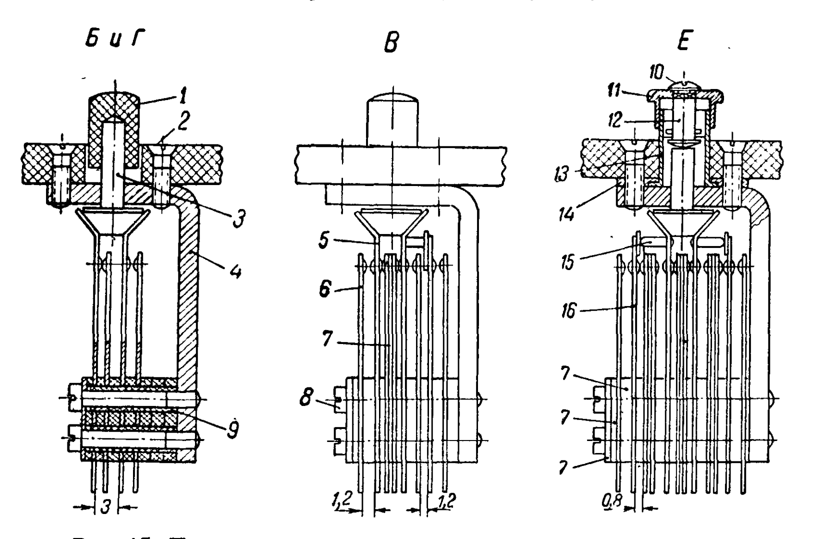


Рис. 15. Пружинные переключатели испытателя транзисторов.

1 — кнопка; *2* — винт; *3* — грибок; *4* — угольник; *5*, *6* и *16* — контактная пластина; *7* — прокладка; *8* — винт; *9* — втулка; *10* — винт; *11* — колпачок; *12* — фиксатор; *13* — гильза; *14* — фланец; *15* — штифт.

из пластмассы и полируют. С грибком *3* эти кнопки соединены клеем БФ-2.

Сердечник трансформатора *Тр* собран из пластин Ш-22. Сечение сердечника 5 *см*².

Обмотки содержат: I — сетевая 127 *в*, 1 524 витка провода ПЭЛ 0,2 *мм*; II — сетевая 93 *в*, 1 116 витков провода ПЭЛ 0,16 *мм*; III — повышающая 125 *в*, 1 500 витков провода ПЭЛ 0,1 *мм*; IV — для испытания радиоламп 25 *в*, 300 витков провода ПЭЛ 0,12 *мм*; V — накал лампы $Л_1$ 6,3 *в*, 80 витков провода ПЭЛ 0,41 *мм*; VI — накал ламп $Л_2$ и $Л_4$ и проверяемой лампы в ис-

пытателе 6,3 *в*, 80 витков провода ПЭЛ 1 *мм* с отводом от 25-го витка для накала лампы $Л_4$.

Щуп-пробник (рис. 16) имеет прямоугольную форму с размерами 65×35×20 *мм*. Передняя и задняя крыш-

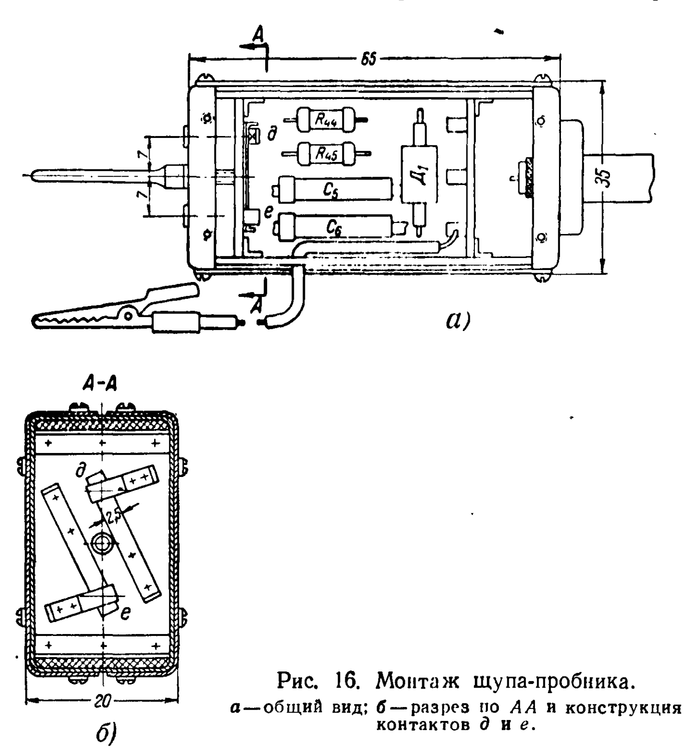


Рис. 16. Монтаж щупа-пробника.
а — общий вид; *б* — разрез по *АА* и конструкция контактов *д* и *е*.

ки щупа-пробника глубиной 5 *мм* сделаны из жести толщиной 0,6 *мм*. Крышки скреплены с помощью заклепок двумя продольными гетинаксовыми пластинами толщиной 1,5 *мм*. В передней крышке вырезано овальное отверстие размером 24×10 *мм*, в которое выведены три латунных посеребренных гнезда, укрепленных на изоляционной пластине толщиной 1 *мм*. В гнезда можно ввинчивать на резьбе М2 щуп длиной 35 *мм*, изготовленный из латуни и посеребренный. На задней крышке закреплена четырьмя 2-миллиметровыми винтами текстолитовая пластина размером 20×15×4 *мм*, с помощью которой прикрепляется экранированный кабель

к щупу-пробнику. Внутри щупа-пробника установлены две гетинаксовые перегородки толщиной 1,5 *мм*. На передней перегородке монтируют контактные пары *д* и *е*, на задней — монтажные лепестки. Между перегородками монтируют сопротивления R_{44} и R_{45}, конденсаторы C_5 и C_6 и диод $Д_1$.

Контакты *д* замыкаются нажимом конца щупа при ввинчивании его в 1-е гнездо, а контакты *е* — при ввертывании щупа в 3-е гнездо. Щуп-пробник закрыт разрезным металлическим экраном, каждая половина которого прикреплена к крышкам восемью винтами М 1,4.

Щуп-пробник соединен с прибором, экранированным кабелем длиной 1 *м*. Около пробника к экрану кабеля присоединен гибкий проводник длиной 10 *см* с зажимом типа «крокодил», служащим вторым полюсом при всех производимых измерениях. С другой стороны кабель оканчивается Г-образной однополюсной вилкой. Около вилки к экрану кабеля присоединена на гибком проводнике длиной 12 *см* вторая вилка, вставляемая в гнездо «Общ».

РАСЧЕТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШКАЛЫ

Точность измерения прибором в значительной степени зависит от качества шкалы, т. е. от ее точности и четкости (рис. 17). Точную и четкую шкалу можно сделать фотографическим путем методом репродуцирования. Ниже описывается технология изготовления такой шкалы. Чтобы добиться хорошего результата, нужно тщательно и последовательно выполнять все операции.

Шкалу изготавливают по типу заводской, установленной в приборе *ИТ*, но в отличие от последней она имеет, собственно, только две шкалы: верхнюю для измерения сопротивлений и нижнюю для измерения постоянных напряжений и всех остальных измерений, производимых с помощью прибора. Основные размеры шкалы определяются максимальным углом поворота стрелки прибора, длиной стрелки и длиной ножа на конце стрелки. В приборе *ИТ* угол поворота стрелки равен 80°, длина стрелки 45 *мм*, а длина ножа стрелки 12 *мм*. Поэтому принимаем максимальный радиус больших штрихов шкалы омметра $R_{макс}$ равным 47,5 *мм*, а $R_{мин}$ — 43,5 *мм*. Для шкалы вольтметра нужно взять $R_{макс}$

равным 40,5 *мм* и $R_{мин}$ равным 36,5 *мм*. Таким образом, высота больших штрихов равна 4 *мм*. Размер промежуточных штрихов 2,5, а малых 1,6—1,8 *мм*. Хорда дуги 80°, описанной радиусом 47,5 *мм*, равна 61,1 *мм*.

Оригинал шкалы вычерчивают в масштабе не менее 3 : 1 на чертежной бумаге тонкими линиями чертежным карандашом. Вначале проводят все дуги для штрихов шкал омметра и вольтметра и цифровых обозначений и



Рис. 17. Шкала.

одну вспомогательную дугу радиусом 165—175 *мм* (выше цифровых обозначений шкалы омметра). Затем на дуге, описанной $R_{макс}$ больших штрихов шкалы омметра, откладывают как можно точнее величину хорды, соответствующую дуге 80°, и через полученные две точки и центр проводят радиусы до пересечения со вспомогательной дугой. Эти же радиусы образуют на соответствующих дугах крайние большие штрихи шкал омметра и вольтметра.

Вспомогательную дугу, заключенную между проведенными радиусами, тщательно делят пружинным циркулем-измерителем на 60 равных частей, и с помощью полученных точек проводят 59 штрихов между дугами шкалы вольтметра. После этого на вспомогательной дуге остро отточенным карандашом согласно вычисленным по формуле данным табл. 1 наносят 61 точку, которые в виде штрихов переносят на шкалу омметра.

Над шкалой омметра против больших штрихов слева направо наносят цифровые обозначения: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 400, 1 000, ∞. Под шкалой вольтметра, тоже против больших штрихов, наносят три ряда цифровых обозначений:

0	1	2	3	4	5	6
0	2	4	6	8	10	12
0	5	10	15	20	25	30

Справа в конце шкалы омметра ставят условное обозначение омов, а в конце шкалы вольтметра — условные обозначения постоянного и переменного тока. Вычерченную в карандаше шкалу аккуратно обводят рейсфедером черной тушью. Основные большие штрихи должны иметь ширину около 1 *мм,* ширина промежуточных штрихов 0,3 *мм.* После фотографирования с трехкратным уменьшением ширина штрихов соответственно будет 0,3 и 0,1 *мм.* Получать штрихи тоньше 0,1 *мм* не рекомендуется, так как разрешающая способность объектива и фотоматериала не позволит получить четкое воспроизведение тонких линий и они плохо будут видны на шкале. Более широкие штрихи затрудняют точный отсчет показаний прибора.

Фотографируют оригинал на штриховые пластинки, а отпечатки с негатива делают на контрастной бумаге без наката. Фотокопию шкалы наклеивают на алюминиевую пластинку, сделанную по форме старой, и устанавливают в прибор. При наклеивании необходимо добиться, чтобы крайние большие штрихи шкалы омметра заняли на пластине точно такое же положение, как и аналогичные штрихи на старой заводской шкале.

НАЛАЖИВАНИЕ И ГРАДУИРОВКА ПРИБОРА

Когда прибор полностью смонтирован, приступают к его налаживанию и регулировке. Если все было сделано правильно, то налаживание прибора сводится к проверке режима ламп и калибровке вольтметров. Прибор включают в сеть и прогревают в течение 10 *мин.* На анодах лампы $Л_2$ должно быть +90 *в*, на катоде левого триода +3,5÷+4 *в,* на сопротивлении R_{40} —55÷—60 *в.* Эти напряжения регулируют подбором величины R_{40}; напряжение, подаваемое на лампу $Л_3$, не долж-

но превышать +85 *в*, ток лампы $Л_4$ — около 100 *ма*. Калибровку вольтметров производят на первых пределах, остальные пределы совпадают автоматически.

Для калибровки вольтметра постоянного тока ставят переключатель рода работ $П_1$ в положение измерения напряжений постоянного тока, а переключатель пределов измерения $П_2$ — на первый предел. С помощью переменного сопротивления R_{37} устанавливают стрелку прибора на нуль, после чего, подав на 1-е гнездо щупа-пробника постоянное напряжение 3 *в*, при помощи переменного сопротивления R_{32} отклоняют стрелку на последний штрих шкалы.

После этого калибруют вольтметр переменного тока. Переключатель $П_1$ переводят на измерение напряжений переменного тока и с помощью переменного сопротивления R_{12} компенсируют начальный ток выпрямляющего диода, возвращая стрелку на нуль. Затем на 2-е гнездо щупа-пробника подают переменное напряжение 3 *в* промышленной частоты 50 *гц* и при помощи переменного сопротивления R_{31} устанавливают стрелку прибора на конец шкалы. Аналогично калибруют и вольтметр высокой частоты. Напряжение ВЧ подают на 3-е гнездо щупа-пробника от генератора высокой частоты порядка 1—2 *Мгц* и калибруют с помощью переменного сопротивления R_{34}.

После калибровки проверяют входное сопротивление вольтметров постоянного и переменного тока по формуле

$$R_{вх} = \frac{U_2 R_э}{U_1 - U_2},$$

где $R_{вх}$ — входное сопротивление вольтметра, *Мом*;
$R_э$ — эталонное сопротивление, *Мом*;
U_1 — показание вольтметра при измерении какого-либо напряжения;
U_2 — показание вольтметра при измерении того же самого напряжения через сопротивление $R_э$, включенное последовательно с прибором.

После калибровки вольтметров необходимо гнездо *С* соединить проводом с гнездом $V_{нч}$ и по вольтметру установить переменное напряжение 110 *в*, подбирая со-

противление R_8. Это напряжение используется при измерении емкости конденсаторов.

Расчет сопротивлений делителя напряжений R_{14}—R_{20} производится следующим образом: на рис. 18 изображена принципиальная схема делителя в общем виде. По закону Ома можно написать равенство

$$\frac{R_x}{R_д}=\frac{U_x}{U_{макс}},$$

откуда

$$R_x=R_д\frac{U_x}{U_{макс}},$$

где R_x — величина искомого сопротивления делителя;

$R_д$ — полное сопротивление делителя;

U_x — падение напряжения на искомом сопротивлении делителя;

$U_{макс}$ — максимальное напряжение, подводимое к делителю для данного предела измерения.

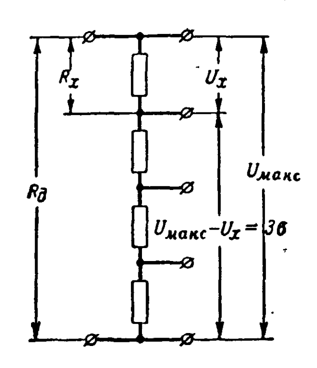


Рис. 18. Схема делителя напряжения

Прежде всего необходимо задаться полным сопротивлением делителя напряжения R_{14}—R_{20}, например принять его равным 10 *Мом*. При любом измеряемом напряжении к сетке лампы должно подводиться напряжение 3 *в*.

На первом пределе измерения к делителю напряжения подаются 3 *в*, которые со всего делителя снимаются на сетку левого триода лампы $Л_2$. Примем, что на втором пределе к делителю подводятся 10 *в*, из которых 7 *в* должны гаситься на сопротивлении R_{14}, а 3 *в* сниматься на сетку лампы $Л_2$ с сопротивлений R_{15}—R_{20}. Определим, чему равна величина сопротивления R_{14}:

$$R_{14}=10\cdot\frac{7}{10}=7\ Мом;$$

Теперь найдем величину сопротивления R_{15} при условии, что на третьем пределе измеряется напряжение 50 *в*:

$$R_{14}+R_{15}=10\cdot\frac{47}{50}=9,4 \ \textit{Мом};$$

$$R_{15}=9,4-7=2,4 \ \textit{Мом}.$$

Аналогичным путем определяют и остальные сопротивления делителя.

Сопротивление R_{44}, смонтированное в щупе-пробнике, служит для уменьшения входной емкости вольтметра. Это сопротивление, включаемое последовательно с делителем напряжения, несколько уменьшает измеряемое напряжение, что компенсируется калибровочным сопротивлением R_{32}. На кратность делителя напряжения R_{14}—R_{20} и точность измерения оно не влияет.

Расчет универсального шунта и входящих в его состав сопротивлений производится следующим образом. На рис. 19 представлена принципиальная схема миллиамперметра с универсальным шунтом. Токи, протекающие через прибор и шунт, обратно пропорциональны сопротивлениям прибора и шунта, откуда общее сопротивление универсального шунта находят по формуле

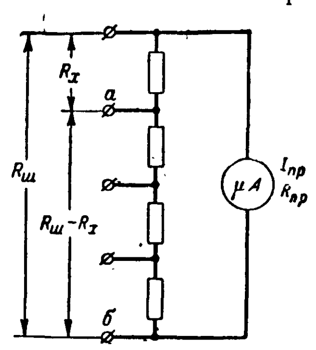


Рис. 19. Схема миллиамперметра с универсальным шунтом.

$$R_ш=R_{пр}\frac{I_{пр}}{I_и-I_{пр}} \ [\textit{ом}],$$

где $R_{пр}$ — внутреннее сопротивление микроамперметра, *ом*;

$I_{пр}$ — чувствительность микроамперметра, *ма*;

$I_и$ — новое предельное значение измеряемого тока с шунтом, *ма*.

В описываемом приборе использован микроамперметр типа ИТ чувствительностью 150 *мка* и внутренним сопротивлением 1 500 *ом*.

Можно использовать и другие измерительные головки большей или меньшей чувствительности. Для расчета шунта нужно прежде всего задаться величиной максимального тока 1-го предела, который берут равным (1,25—2) $I_{пр}$, тогда общее сопротивление универсального шунта определится по указанной выше формуле.

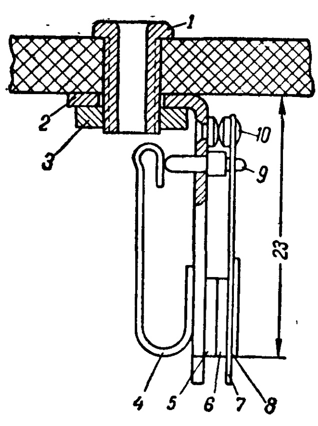


Рис. 20. Дополнительное гнездо с выключателем универсального шунта.

1 — гнездо; *2* — угольник; *3* — гайка; *4* — пружина; *5* и *6* — изоляционные прокладки; *7* — контактная пластина; *8* — накладка; *9* — штифт; *10* — контакты.

Определение величин сопротивлений, составляющих универсальный шунт, в соответствии с выбранными пределами измерения тока $I_и$ производится по той же формуле, но из общего сопротивления шунта вычитается величина R_x, которая прибавляется к внутреннему сопротивлению прибора:

$$R_ш - R_x = (R_{пр} + R_x)\frac{I_{пр}}{I_и - I_{пр}},$$

откуда получим:

$$R_x = R_ш - \frac{I_{пр}}{I_и}(R_{пр} + R_ш)\ [ом],$$

где R_x — искомое сопротивление данного предела, входящее в универсальный шунт, *ом*;

$I_и$ — максимальный ток данного предела, *ма*.

Так же рассчитывают и остальные сопротивления универсального шунта.

Применение универсального шунта не позволяет использовать максимальную чувствительность микроамперметра, а это нежелательно, особенно при работе с транзисторами. Для получения дополнительного предела измерения постоянного тока можно в точку *ж* схемы рис. 1 включить дополнительное гнездо с выключателем универсального шунта (рис. 20).

Когда в это гнездо вставляют однополюсную вилку, универсальный шунт отключается от микроамперметра и используется его полная чувствительность.